



Министерство науки
и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Институт дистанционного
и дополнительного образования



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шиндина Т.А.
	Идентификатор	Rd0ad64b2-5hindaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина
(расшифровка подписи)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
профессиональной переподготовки

Наименование программы	Автоматизированные системы управления тепловыми процессами в энергетике и промышленности
Форма обучения	очная
Выдаваемый документ	диплом о профессиональной переподготовке
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	Центр подготовки и переподготовки "Автоматизированных систем управления тепловыми процессами в энергетике и промышленности"

Зам. директора ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Усманова Н.В.
	Идентификатор	R3b653adc-UsmanovaNatV-90b3fa4

Н.В.
Усманова

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

А.Г. Крохин

Начальник ФДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич

Руководитель ЦПП
АСУ ТП ЭП

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гужов С.В.
	Идентификатор	Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e

С.В. Гужов

Москва

Руководитель
образовательной
программы



Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец	Гужов С.В.
Идентификатор	Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e

С.В. Гужов

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: профессиональная переподготовка путем формирования у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области промышленной энергетики и управления технологическим процессом, проектирования и технической реализации автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)..

Программа составлена в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 28.02.2018 г. № 14322.03.2018 г. № 50480.

- с Профессиональным стандартом 40.178 «Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами», утвержденным приказом Минтруда 13.03.2017 г. № 272н, зарегистрированным в Минюсте России 04.04.2017 г. № 46243, уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение с применением дистанционных образовательных технологий.

Форма обучения: очная.

Режим занятий:

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы: лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь высшее образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца, при этом диплом о профессиональной переподготовке выдается после предоставления соответствующего подтверждающего документа о получении соответствующего уровня образования..

Выдаваемый документ: при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается диплом о профессиональной переподготовке установленного образца.

Срок действия итоговых документов

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): бессрочно.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

Компетенция	Требования к результатам
ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Знать: <ul style="list-style-type: none">- основы автоматизация бизнес-процессов и тенденции развития современных СУБД;- основные термины и определения, используемые в области автоматизации; основные принципы построения систем управления теплотехническими объектами и процессами, состав и функционирование систем управления;- основные нормативно-технические документы организации и проведения диагностики оборудования;- основные функции, задачи и схемы построения систем автоматического регулирования агрегатов АЭС, программы и схемы регулирования энергоблоков АЭС;- принципы и методы получения моделей теплотехнических объектов, способы упрощения моделей с анализом влияния допущений на точность модели;- базовые принципы оптимального управления технологическими процессами и режимами оборудования и электростанций.
	Уметь: <ul style="list-style-type: none">- разрабатывать и оптимизировать базы данных, в том числе в части разработки пользовательского интерфейса;- обосновывать выбор схем построения систем автоматического регулирования агрегатов АЭС, программ и схем регулирования энергоблоков АЭС;- применять методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования при математическом моделировании объектов управления.
	Владеть: <ul style="list-style-type: none">- основами автоматизации бизнес-процессов.

ОПК-6: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплоэнергетики	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные средства и методы проведения диагностики, определения технического состояния, выявления неисправностей и дефектов оборудования энергетики. основные нормативно-технические документы организации и проведения диагностики оборудования; - основные принципы организации государственной системы обеспечения единства измерений, нормативные документы, регулирующие систему метрологического обеспечения; - методы и способы предотвращения аварийных ситуаций в процессе эксплуатации котлоагрегатов ТЭС; - основные функции программного пакета Enterprise Architect.
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять среды инженерных расчетов для решения задач построения моделей диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования; - обосновывать выбор методов и средств диагностики оборудования энергетики; - осуществлять технически грамотный и экономически обоснованный подбор технических средств измерения; составлять функциональные схемы контрольно-измерительных и информационно-измерительных систем; - читать схемы ТЗ, выявлять и определять предаварийные ситуации на теплоэнергетическом оборудовании электрических станций; - составлять функциональные схемы контрольно-измерительных и информационно-измерительных систем.
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основными функциями программного пакета Enterprise Architect; - навыками осуществления технически грамотного и экономически обоснованного подбор технических средств измерения.

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации 7.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
40.178	«Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами»

<p>ПК-1003/А/02.6/1 способен выполнять техническое задание на разработку автоматизированной системы управления технологическими процессами</p>	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оформление графической части технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Оформление текстовой части технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Изучение материалов для составления технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами.
	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией, требования нормативно-технической документации к составу и содержанию технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами для определения полноты данных для составления технического задания; - Применять систему автоматизированного проектирования и программу для написания и модификации документов для выполнения графических и текстовых частей технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Выполнять расчеты для оформления технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Пользоваться информационно-телекоммуникационной сетью "Интернет".
	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Правила выполнения текстовых и графических документов, входящих в состав проектной документации; - Правила составления технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Методики и процедуры системы менеджмента качества; - Правила автоматизированной системы управления организацией; - Программа для написания и модификации документов, проведения расчетов; - Система автоматизированного проектирования.

<p>ПК-1003/С/01.7/1 способен осуществлять разработку концепции автоматизированной системы управления технологическими процессами</p>	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none">- Разработка частного технического задания на обследование объекта автоматизации;- Разработка технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом и согласование его с заказчиком;- Разработка частных технических заданий на проектирование отдельных частей автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Сбор информации об автоматизированных системах управления технологическими процессами и используемом оборудовании ведущих производителей;- Подготовка и утверждение заданий на выполнение работ на подготовку проектной документации автоматизированной системы управления технологическими процессами;- Ознакомление с отчетом по результатам обследования объекта автоматизации, определение номенклатуры информационных и управляющих сигналов автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Разработка вариантов структурных схем автоматизированной системы управления технологическим процессом и выбор оптимальной структурной схемы;- Определение критериев отбора участников работ по подготовке проектной документации и отбору исполнителей таких работ, а также по координации деятельности исполнителей таких работ.
--	---

	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- Осуществлять постановку задачи работникам на проведение обследования объекта автоматизации и разработку отдельных частей автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для анализа отчета по результатам обследования объекта автоматизации и определения характеристик объекта автоматизации;- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для анализа информации по автоматизированным системам технологическими процессами и используемом оборудовании ведущих производителей;- Применять систему автоматизированного проектирования и программу для написания и модификации документов для разработки схемы автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для определения критериев оптимальности принимаемых технических решений при разработке схемы автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Применять методики ведения деловых переговоров для получения положительного результата при взаимодействии с заказчиком проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом;- Пользоваться информационно-телекоммуникационной сетью "Интернет".
--	--

	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Требования законодательства Российской Федерации и нормативных правовых актов, нормативных технических и нормативных методических документов к составу и содержанию разделов различных стадий проекта автоматизированные системы управления технологическими процессами; - Требования нормативных документов к устройству автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Правила разработки проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами; - Правила проведения обследования объекта автоматизации; - Методики определения характеристик объекта автоматизации; - Критерии оценки эффективности работы и методы повышения энергоэффективности объекта автоматизации; - Правила ведения переговоров; - Методики и процедуры системы менеджмента качества; - Правила автоматизированной системы управления организацией; - Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей; - Правила устройства электроустановок; - Программа для написания и модификации документов, выполнения расчетов; - Система автоматизированного проектирования.
--	---

2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

В результате освоения дополнительной образовательной программы «Автоматизированные системы управления тепловыми процессами в энергетике и промышленности» слушатель должен быть готов к области профессиональной деятельности, объектам и задачам.

Область/сферы профессиональной деятельности слушателя, прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки включает:

- 28 Производство машин и оборудования (в сфере проектирования и эксплуатации АСУ ТП).
- 24 Атомная промышленность (в сфере проектирования и эксплуатации АСУ ТП).
- 20 Электроэнергетика (в сфере проектирования и эксплуатации АСУ ТП).
- 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере проектирования и эксплуатации АСУ ТП).
- 01 Образование и наука (в сфере научных исследований).
- Проектирование и эксплуатация АСУ ТП и их подсистем.

Объектами профессиональной деятельности являются:

- Тепловые электрические станции.
- Атомные электрические станции.
- Теплотехнические системы и комплексы, объекты малой и промышленной энергетики..

Выпускник программы должен уметь решать профессиональные *задачи* по видам профдеятельности:

проектно-конструкторский:

- Проектирование АСУ ТП и их подсистем.

сервисно-эксплуатационный:

- Эксплуатация АСУ ТП и их подсистем.

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать способностями к выполнению **нового вида деятельности** соответствующего присваиваемой **квалификации (не предусмотрено)**.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))

3.1. Трудоемкость программы

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- **13,9** зачетных единиц;

500 ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.

Таблица 3

Структура программы и формы аттестации

№	Наименование дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации			
			всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль			текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	
1	Теория автоматического управления	7 2 0	52 3	32		20	03	19. 7			Зачет		

1.1.	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	8	6	4		2	2				
1.10	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	8.0	6.3	4		2	0.3	1.7			
1.2.	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	6	4	2		2	2				
1.3.	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	8	6	4		2	2				
1.4.	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	8	6	4		2	2				
1.5.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	6	4	2		2	2				
1.6.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	6	4	2		2	2				
1.7.	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	8	6	4		2	2				
1.8.	Системы управления с цифровыми контроллерами	6	4	2		2	2				
1.9.	Некоторые нелинейные задачи	8	6	4		2	2				

	автоматического управления											
2	Метрология и теплотехнические измерения	4 8. 0	36 3	24		12	03	11. 7			Зачет	
2.1.	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений	8	6	4		2		2				
2.2.	Элементы теории погрешностей	8	6	4		2		2				
2.3.	Термопреобразователи сопротивления	8	6	4		2		2				
2.4.	Общие сведения об измерении давления, разности давлений, измерение уровня	8	6	4		2		2				
2.5.	Общие сведения об измерении расхода и теплоты	8	6	4		2		2				
2.6.	Измерение состава и свойств веществ	8. 0	6. 3	4		2	03	1.7				
3	Информационное обеспечение систем управления	4 8. 0	32 3	24		8	03	15. 7			Зачет	
3.1.	Понятие о языке SQL	1 0	6	4		2		4				
3.2.	Хранилище данных. Базы знаний	1 0	6	4		2		4				
3.3.	Автоматизация бизнес-процессов	1 4	10	8		2		4				
3.4.	СУБД, основы проектирования баз данных	1 4. 0	10 3	8		2	03	3.7				
4	Проектирование и эксплуатация автоматических систем	4 8. 0	32 3	16		16	03	15. 7			Зачет	
4.1.	Основные сведения о системах управления	6	4	2		2		2				
4.2.	Общие вопросы проектирования АСУ ТП	6	4	2		2		2				
4.3.	Метрологическое обеспечение систем управления	6	4	2		2		2				

4.4.	Оценка быстродействия системы управления	6	4	2		2	2				
4.5.	Оценка надежности и безопасности АСУ ТП	6	4	2		2	2				
4.6.	Аппаратно-технический синтез, ПТК	6	4	2		2	2				
4.7.	Проектирование информационного и математического обеспечения	6	4	2		2	2				
4.8.	Автоматизация проектирования систем управления	6.0	4.3	2		2	0.3	1.7			
5	АСУ ТП энергоблоков	48.0	36.3	24		12	0.3	11.7		Зачет	
5.1.	Понятие АСУ ТЭС, основное назначение	8	6	4		2	2				
5.2.	Большие системы управления в энергетике	8	6	4		2	2				
5.3.	Системы поддержки принятия решений	8	6	4		2	2				
5.4.	Организация оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) ТЭС	8	6	4		2	2				
5.5.	Реализация АСУ ТП энергоблоков	8	6	4		2	2				
5.6.	Автоматизация энергоблоков ТЭС	8.0	6.3	4		2	0.3	1.7			
6	Автоматизация энергоблоков АЭС	48.0	32.3	16		16	0.3	15.7		Зачет	
6.1.	Энергоблок АЭС как ТООУ, функции и подсистемы АСУ ТП АЭС, работа энергоблока в составе энергосистемы	12	8	4		4	4				
6.2.	Управляемые и управляющие величины энергоблока	12	8	4		4	4				
6.3.	Автоматическое регулирование	12	8	4		4	4				

	агрегатов АЭС, программы и схемы регулирования энергоблоков АЭС											
6.4.	Обеспечение безопасности АЭС и готовности персонала	1 2 0	8. 3	4		4	03	3.7				
7	Технологические защиты котлоагрегатов	4 8 0	32 3	16		16	03	15. 7			Зачет	
7.1.	Общие положения	1 2	8	4		4		4				
7.2.	Место и роль ТЗ в АСУТП	1 2	8	4		4		4				
7.3.	ТЗ турбоагрегата	1 2	8	4		4		4				
7.4.	ТЗ котлоагрегата	1 2 0	8. 3	4		4	03	3.7				
8	Оптимальное управление режимами работы электростанций	4 8 0	32 3	16		16	03	15. 7			Зачет	
8.1.	Введение. Основные понятия оптимального управления, термины и определения Управление режимами при участии энергоблоков ТЭС в регулировании частоты и мощности	1 2	8	4		4		4				
8.2.	Структура управления энергетикой России	1 2	8	4		4		4				
8.3.	Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки	1 2	8	4		4		4				

8.4.	Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация. Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация	1 2 0	8. 3	4		4	03	3.7			
9	Диагностика объектов энергетики	4 8 0	32 3	16		16	03	15. 7		Зачет	
9.1.	Виды, методы и средства диагностики объектов энергетики	1 2	8	4		4		4			
9.2.	Документационное обеспечение организации диагностики оборудования на предприятиях энергетики	1 2	8	4		4		4			
9.3.	Дефекты, отказы и аварии на объектах энергетики	1 2	8	4		4		4			
9.4.	Информационные системы для диагностики оборудования энергетики	1 2 0	8. 3	4		4	03	3.7			
10	Современные возможности автоматизации систем электро-, тепло-, водо снабжения	1 6 0	12 3	8		4	03	3.7		Зачет	
10.1	Современные возможности автоматизации систем электро-, тепло-, водо снабжения и особенности их применения в промышленности	1 6 0	12 3	8		4	03	3.7			
11	Комбинирование комплексного внедрения современных энергосберегающих технологий и системы энергоменеджмента	1 6 0	12 3	8		4	03	3.7		Зачет	

11.1	Комбинирование комплексного внедрения современных энергосберегающих технологий и системы энергоменеджмента : виды эффектов, расчёт прибыли с применением нейросетевых моделей	1 6. 0	12 3	8		4	03	3.7			
12	Итоговый экзамен	1 2. 0	0. 3				03	11. 7			Итоговый аттестационный экзамен
	ИТОГО:	5 0 0. 0	34 3. 6	20 0	0	14 0	36	15 6.4	0		

3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание дисциплин (модулей)

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.	Теория автоматического управления	
1.1.	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	Основные понятия управления. Объекты управления, их классификация. Биологические, социальные, экономические и технические системы, как объекты управления. Особенности технических систем управления. Понятие декомпозиции системы и задач управления. Декомпозиция контроллера на регулятор и командный блок, понятия регулирования и управления. Автоматические и автоматизированные системы управления. Понятия автоматический и автоматизированный.
1.2.	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	Динамические системы и их виды. Линейные и нелинейные системы. Понятие модели системы. Линеаризация. Математические модели физических систем. Дифференциальные уравнения линейных динамических систем. Преобразование Лапласа. Решение дифференциальных уравнений линейных динамических систем с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Принцип суперпозиции. Временные динамические

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		характеристики линейных динамических систем, их взаимосвязь. Виды тестовых сигналов. Преобразование Фурье. Частотные динамические характеристики линейных динамических систем. Дискретные модели непрерывных систем. Разностные уравнения.
1.3.	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	Структурные схемы систем управления. Виды структурных схем. Звенья. Принципы выделения звеньев. Определение элементарного звена, виды элементарных звеньев. Пропорциональное (статическое, безынерционное звено). Интегрирующее звено. Инерционное звено первого порядка (апериодическое звено). Идеальное и реальное дифференцирующее звенья. Интегродифференцирующее звено. Звено запаздывания. Инерционное звено второго порядка. Колебательное звено. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное соединение звеньев (обратная связь).
1.4.	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	Устойчивость линейных динамических систем, общие положения. Устойчивая, неустойчивая и нейтральная системы. Связь устойчивости и корней характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерии Рауса-Гурвица, Льенара-Шипара, Михайлова, Найквиста. Д-разбиение в плоскости варьируемых параметров. Диаграмма Вышнеградского. Понятие запаса устойчивости. Численные показатели запаса устойчивости: степень затухания, корневой и частотный показатели колебательности. Запас устойчивости по фазе и модулю. Понятие грубости и робастности систем управления. Чувствительность систем управления. Функция чувствительности.
1.5.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	Прямые показатели качества регулирования: динамическое и статическое отклонение, время регулирования, перерегулирование. Интегральные показатели качества. Линейный, квадратичный и модульный показатели качества. Принцип накопления возмущений Булгакова. Границы области устойчивости и области заданного запаса устойчивости в плоскости Ки-Кп (АСР с ПИ-регулятором). Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на корневой показатель

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>колебательности. Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности. Общие положения. М-окружность. Расчет системы автоматического управления с ПИ-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности по вспомогательной функции. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности. Расчет системы регулирования с реальным ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель.</p>
1.6.	<p>Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных</p>	<p>Случайные события, величины и процессы. Виды случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, СКО, автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция. Спектральные характеристики случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Автоспектральная плотность и взаимная спектральная плотность. Преобразование случайных сигналов линейными динамическими системами. Расчет характеристик процесса на выходе системы по свойствам системы и характеристикам процесса на входе. Расчет оптимальны параметров настройки АСР по критерию минимума среднеквадратической ошибки управления. Связь полученных параметров настройки с параметрами, рассчитанными на минимум линейный интегральный показатель. Особенности оценки корреляционных функций входных воздействий для технологически работоспособных систем управления. Расчет оптимальный параметров регуляторов в системах высокой технологической работоспособности. Оптимальный и субоптимальный алгоритмы. Формальное обоснование применимости ПИД-</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		регуляторов.
1.7.	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	<p>Повышение качества переходных процессов за счет усложнения алгоритма регулирования. Повышение качества переходных процессов за счет усложнения информационной структуры системы управления. Системы регулирования с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки (АСР с регулятором и дифференциатором). Структура и общие сведения. Исчезающий в статике сигнал. Введение дифференциатора. Расчет параметров настройки АСР с регулятором и дифференциатором. Частотная развязка. Каскадные системы регулирования, структура и общие сведения. Алгоритмы регулирования, применяемые в каскадных АСР. Расчет параметров настройки каскадных АСР. Обеспечение частотной развязки. Комбинированные системы регулирования. Структура и общие сведения. Условие абсолютной инвариантности. Идеальный и реальный компенсаторы. Многомерные объекты. Многомерные звенья. Математическое описание многомерных объектов и систем, матричные передаточные функции. Системы несвязанного регулирования. Расчет параметров настройки АСР несвязанного регулирования. Системы связанного регулирования. Условия автономности и их реализация.</p>
1.8.	Системы управления с цифровыми контроллерами	<p>Аналоговые и дискретные динамические системы. Импульсные и цифровые динамические системы. Цифровые контроллеры и преобразование их математического описания к расчетному виду. Структура цифрового контроллера. ЦВУ, ЦАП и АЦП и их модели. Разностные уравнения дискретных систем. Разностные уравнения типовых алгоритмов регулирования. Решетчатая функция. Модулирующая функция. Последовательность модулированных дельта-импульсов. Преобразование АСР с цифровым контроллером к расчетному виду. Дискретный объект. Способы описания дельта-импульсных последовательностей. Дискретное преобразование Лапласа и z-преобразование. Модифицированное z-преобразование. Спектры модулированных дельта-импульсных последовательностей. Передаточные функции и динамические характеристики дискретных систем. Получение передаточной функции дискретной системы. Частотные характеристики дискретных систем.</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>Дискретные системы с непрерывной частью. Получение передаточной функции дискретного объекта с непрерывной частью. Устойчивость систем с цифровыми регуляторами. Необходимое и достаточное условие устойчивости для данного случая. Критерии Рауса-Гурвица, Михайлова и Найквиста для систем с цифровыми регуляторами. Запас устойчивости систем с цифровыми регуляторами. Показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Прямые показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Интегральные показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов при произвольном интервале квантования. Теорема Котельникова-Шеннона. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов, если выполняется теорема Котельникова-Шеннона.</p>
1.9.	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	<p>Нелинейные системы, определение, общее описание. Особенности нелинейных систем. Причины возникновения нелинейных свойств. Задача анализа и синтеза нелинейных систем. Устойчивость нелинейных систем, определение, общие положения. Устойчивость состояния равновесия и устойчивость движения по А.М. Ляпунову. Критерии устойчивости нелинейных систем. Автоколебания, общие положения. АСР с позиционными алгоритмами регулирования. Метод гармонического баланса Гольдфарба. Методы исследования нелинейных систем. Точные методы исследования нелинейных систем (метод фазовой плоскости). Приближенные методы исследования нелинейных систем (методы статистической и гармонической линеаризации).</p>
1.1 0.	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	<p>Современная теория управления, общие положения. Адаптация и автоматическая настройка. Некоторые новые технологии в области теории автоматического управления, элементы искусственного интеллекта. Адаптация в системах управления. Применение методов адаптации при синтезе систем управления и в процессе их эксплуатации. Получение моделей объектов управления. Активная и пассивная идентификация объектов управления. Адаптация по переходной характеристике системы. Настраиваемая модель.</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		Адаптация по частотным характеристикам системы. Нечеткие системы регулирования. Нечеткие регуляторы. Нечеткие множества и нечеткая логика. Нечеткие регуляторы. База правил. АСР с нечетким регулятором, структура и основные принципы работы. Системы управления на базе искусственных нейронных сетей. Естественные и искусственные нейронные сети. Модель искусственного нейрона. Синаптические веса, передаточная функция нейрона. Нейронные сети. Топологии и виды нейронных сетей. Обучение нейронных сетей. Нейроконтроллеры.
2.	Метрология и теплотехнические измерения	
2.1.	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений	Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений. Физическая величина. Прямые, косвенные, совокупные, совместные измерения. Эталоны и рабочие средства измерений. Классификация средств измерения по их технической структуре: измерительные приборы и преобразователи, измерительные комплекты, измерительные системы и измерительные каналы.
2.2.	Элементы теории погрешностей	Элементы теории погрешностей. Количественная оценка погрешностей. Разновидности погрешностей: систематические и случайные, аддитивные и мультипликативные. Метрологические характеристики средств измерения. Оценка погрешностей при прямых и косвенных технических.
2.3.	Термопреобразователи сопротивления	Общие сведения о методах измерения температуры. Температурные шкалы. Контактные СИ температуры: стеклянные и манометрические термометры. Термопреобразователи сопротивления (ТПС), градуировочные характеристики, конструктивное исполнение. Вторичные приборы для измерения температуры, назначение и принцип действия. Способы установки СИ Термопары (ТП). Элементы теории термопар, введение поправки на температуру свободных концов, удлиняющие провода, стандартные градуировочные характеристики, конструктивное исполнение. Аналоговые и цифровые вторичные приборы типа КС, РМТ, Технограф. Способы установки СИ, влияющие факторы, расчет погрешностей.
2.4.	Общие сведения об измерении давления , разности давлений,	Общие сведения об измерении давления и разности давлений. Жидкостные и деформационные манометры и дифманометры, грузопоршневые манометры.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	измерение уровня	Электрические преобразователи давления и разности давлений типа «Метран», «Элемер» с тензопреобразователями. Методики измерения давления различных сред. Методы и средства измерения уровня. Измерение уровня в барабане котла.
2.5.	Общие сведения об измерении расхода и теплоты	Общие сведения об измерении расхода и количества вещества. Измерение расхода по перепаду давления на сужающем устройстве (СУ). Расходомеры постоянного перепада. Электромагнитные расходомеры. Теплосчетчики для открытых и закрытых систем теплоснабжения. Расчет погрешностей измерения расхода и уровня.
2.6.	Измерение состава и свойств веществ	Методы анализа жидкостей. Кондуктометрический метод анализа растворов. Электродные и безэлектродные кондуктометры. Потенциометрический метод анализа растворов. Рабочие и вспомогательные электроды рН-метров, измерительные преобразователи.
3.	Информационное обеспечение систем управления	
3.1.	Понятие о языке SQL	Концепция базы данных и основные понятия теории баз данных. Системы управления базами данных, примеры СУБД, история развития СУБД. Классификация СУБД. Функции и состав СУБД. Основы проектирования баз данных. Жизненный цикл системы управления базами данных, уровни моделирования, шаги проектирования базы данных. Правила нормализации отношений. Понятия OLTP- и OLAP-систем. Проектирование концептуальной схемы базы данных (Инфологическое проектирование базы данных). Семантическое моделирование данных. Основные понятия модели Entity-Relationship. Сложные элементы ER-диаграмм, получение реляционной схемы из ER-схемы. Пример разработки ER-диаграммы. Проектирование внутренней схемы базы данных. Отображение инфологической модели предметной области в даталогической среде. Пример разработки внутренней схемы базы данных.
3.2.	Хранилище данных. Базы знаний	Понятие о языке SQL (Structured Query Language - язык структурированных запросов). Операторы SQL. Операторы определения данных, манипулирования данными. Агрегатирование данных. Группировка, сортировка, подзапросы. Операторы введения ограничений целостности. Создание схем, индексов, привилегий.
3.3.	Автоматизация бизнес-	Автоматизация бизнес-процессов, история развития

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	процессов	систем для автоматизация бизнес-процессов. Понятия об ERP-, MRP(II)- системах, их основные модули и функциональность. Мультибазы и федеративные базы данных. Сетевые базы данных. СУБД с отказом от первой нормальной формы. Постреляционные СУБД: темпоральные, объектно-ориентированные.
3.4.	СУБД, основы проектирования баз данных	Понятие хранилища данных, основные требования к нему, отличия от баз данных. Системы бизнес-аналитики на основе хранилищ данных, Data Mining, требования к OLAP-системам. Основные понятия баз знаний. Системы поддержки принятия решений. Структуры статической и динамической экспертных систем, их основные элементы. Режимы работы экспертной системы. Проектирование баз знаний. Разработка экспертной системы. Условия возможности и целесообразности разработки. Этапы разработки. Знания, необходимые для функционирования экспертной системы.
4.	АСУ ТП энергоблоков	
4.1.	Понятие АСУ ТЭС, основное назначение	Введение. Понятие АСУ ТЭС, основное назначение. Разновидности и основные отличия АСУ .Виды и назначение основных обеспечений АСУ ТП как неперемные условия внедрения.
4.2.	Большие системы управления в энергетике	Понятие электроэнергетической системы (ЭС); функциональная структура типовой ЭС; краткая характеристика составных элементов. Баланс мощностей в ЭС; основные ТЭП. Понятие объединенной ЭС (ОЭС); баланс мощностей в ОЭС; структура и задачи управления ОЭС. ЭС и ОЭС как автоматизированные технологические и производственные комплексы (АТК и АПК).
4.3.	Системы поддержки принятия решений	Понятия и классификация систем поддержки принятия решений. Организация экспертно советующей системы. Формирование набора правил экспертной системы. Показатели эффективности системы поддержки принятия решений. Применение систем поддержки принятия решений в АСУ ТП энергоблоков. Примеры
4.4.	Организация оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) ТЭС	Организация оперативно-диспетчерского управления ТЭС; влияющие факторы. Обобщенный энергоблок как объект управления. Понятие функциональной группы и подгруппы (ФГ и ФПГ) технологического оборудования; состав ФГ по котлу, турбине и вспомогательному оборудованию; организация управления на основе ФГ.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>Разработка интерфейса рабочего места оператора. Структура рабочего места оператора. Комплекс технических средств автоматизации (КТСА) как составной элемент систем диспетчерского управления; основные элементы КТСА. Эргономика автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора энергоблока; основные понятия и определения. Алгоритмизация процедуры принятия решения по управлению; пример. Основные показатели оперативной загруженности дежурного персонала энергоблоков. Формирование загрузки оператора в условиях эксплуатации на рабочем месте; понятие и определение оптимального коэффициента загруженности</p>
4.5.	Реализация АСУ ТП энергоблоков	<p>АСУ ТП энергоблока как система управления единым технологическим процессом; основные преимущества по сравнению с системами регулирования отдельных агрегатов. Состав информационных и управляющих функций АСУ ТП по энергоблоку и ТЭС в целом. Принципы автоматизированного управления: советчик оператора; супервизорное управление; централизованное управление на основе единого программно-технического комплекса (ПТК); распределенное управление. Область применения, преимущества и недостатки. Концепции построения АСУ ТП энергоблоков и ТЭС: общая и частная; концептуальная модель АСУ ТП ТЭС. Организация обмена данными между вычислительными компонентами системы по ЛВС, CAN, RS-485. Расчет пропускной способности линии обмена данными. Пример реализации АСУ ТП парогазовой установки суммарной мощностью 450 МВт: ПГУ-450 как объект управления; состав агрегатов, основные режимы работы, информационные и управляющие функции АСУ ТП ПГУ, функциональная схема и ее основные элементы, техническая реализация на основе современного КТСА.</p>
4.6.	Автоматизация энергоблоков ТЭС	<p>Автоматизация энергоблоков ТЭС Энергоблок ТЭС как объект управления; режимы работы по топливу и нагрузке; понятие приемистости. Назначение и состав общецелочных автоматических систем регулирования частоты и мощности; принцип функционирования. Функциональная схема АСР мощности энергоблока с прямоточным котлом; пример. Регулирование мощности группы параллельно работающих энергоблоков, преимущества группового управления по сравнению с</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>индивидуальным. Назначение и функционирование локальных АСР энергоблока, пример. Назначение и состав элементов устройств логического управления (УЛУ) вспомогательных установок энергоблока, пример. Назначение классификации автоматических тепловых защит (ТЗ) оборудования энергоблоков. Состав и релейные эквиваленты основных логических элементов ТЗ, показатели и пути обеспечения надежности ТЗ. Логические схемы действия ТЗ барабанного парового котла и паровой турбины, особенности защит прямоточного котла, требования к ТЗ блочных ПВД, логическая схема действия. Логическая схема действия ТЗ моноблока. Понятие автоматического пуска энергоблока ТЭС; этапы пуска блока с барабанным котлом; АСР процессом пуска по температуре и давлению пара в барабане и за котлом; автоматическая система разворота и нагружения турбогенератора. Особенности и укрупненный алгоритм пуска энергоблока с прямоточным котлом. Состояние и перспективы внедрения АСУ ТП энергоблоков ТЭС (обзор отечественных и зарубежных источников информации).</p>
5.	Проектирование и эксплуатация автоматических систем	
5.1.	Основные сведения о системах управления	<p>Основные понятия и определения. Ручное, механизированное, автоматизированное и автоматическое управление. Классификация систем управления. Принципы управления. Состав и структура автоматизированных систем. Функциональное назначение и виды обеспечения АСУ ТП. Виды описания (структуры) АСУ ТП. Функциональная структура АСУ ТП. Информационные и управляющие функции. Показатели качества функций. Иерархия современного промышленного производства. Централизованные и распределенные структуры АСУ ТП и их сравнительный анализ.</p>
5.2.	Общие вопросы проектирования АСУ ТП	<p>Этапы жизненного цикла систем. Определение проектирования и особенности этапа проектирования. Способы проектирования. Типовая схема отдельного этапа проектирования. Три уровня качества технических решений. Организация проектирования. Нормативная документация по проектированию АСУ ТП. Принципы создания АСУ ТП. Стадии и этапы создания и проектирования АСУ ТП. Содержание работ на стадиях</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>«Техническое задание», «Технический проект», «Рабочая документация». Состав проектной и эксплуатационной документации. Обозначение документов и систем. Этапы и содержание работ. Содержание и оформление отчета. Сбор и обработка данных об объекте, изучение объекта автоматизации. Технологический регламент и другая технологическая документация. Общесистемный синтез АСУ ТП. Состав и содержание документов по общесистемным решениям. Формулирование целей создания АСУ ТП и требований к ней. Предварительный выбор структуры системы и предварительный анализ точности, быстродействия и надежности отдельных каналов и подсистем. Предварительная оценка затрат на разработку, ввод в действие и эксплуатацию АСУ ТП..</p>
5.3.	Метрологическое обеспечение систем управления	<p>Виды и способы оценки погрешностей. Статическая и динамическая погрешности. Систематические и случайные погрешности. Математические модели и показатели случайных погрешностей в статических и динамических системах. Максимальная, средняя и среднеквадратическая погрешности. Преобразование случайных процессов в линейных и нелинейных статических и динамических системах. Термoeлектрический эффект и его влияние на погрешность измерительных цепей. Учет нелинейности статических характеристик преобразователей. Способы вычисления результирующей погрешности последовательной цепи преобразователей (прямая задача). Распределение погрешностей по отдельным преобразователям при проектировании систем управления (обратная задача).</p>
5.4.	Оценка быстродействия системы управления	<p>Понятие и количественные показатели быстродействия отдельных элементов системы управления. Оценка быстродействия измерительных и управляющих каналов. Обоснование выбора комплекса технических средств по параметрам быстродействия.</p>
5.5.	Оценка надежности и безопасности АСУ ТП	<p>Основные понятия и определения теории надежности. Количественные характеристики надежности. Показатели надежности АСУ ТП и ее отдельных подсистем. Методы повышения надежности АСУ ТП. Расчет надежности информационной подсистемы АСУ ТП. Способы оценки надежности АСУ ТП как многоуровневой иерархической системы с учетом не</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		только технических средств.
5.6.	Аппаратно-технический синтез, ПТК	<p>Состав и содержание документов по техническому обеспечению. Проектирование подсистемы ввода аналоговых сигналов АСУ ТП. Структурные схемы подсистемы ввода АСУ ТП. Технические средства подсистемы ввода аналоговых сигналов: датчики, нормирующие преобразователи, коммутаторы, АЦП. Анализ статических характеристик преобразователей. Методы аппроксимации характеристик. Сопротивление линий связи и электрические ключи в измерительных цепях. Проектирование подсистемы ввода дискретных сигналов АСУ ТП. Проектирование подсистемы вывода аналоговых и дискретных сигналов АСУ ТП. Проектирование систем электропитания. Системы электропитания переменного и постоянного тока. Проектирование систем питания переменного тока. Вторичные источники электропитания. Выпрямители, фильтры, стабилизаторы, преобразователи. Защита источников питания от перегрузки по току. Разработка и оформление функциональной схемы автоматизации, структурной схемы КТС, чертежей общего вида щитов (пультов), принципиальных электрических и пневматических схем. Типовая структурная схема ПТК. Основные особенности реализации контроллерного уровня и уровня операторского интерфейса. Два основных варианта построения контроллерного уровня ПТК. Их преимущества и недостатки на разных стадиях развития микропроцессорных средств. Уровень операторского интерфейса ПТК. Возможные варианты его построения. Клиент-серверная архитектура. Использование WEB-серверов. Принципы и варианты реализации взаимосвязей между различными ПТК. Интеграция в АСУТП локальных АСУ, поставляемых комплектно с технологическим оборудованием.</p>
5.7.	Проектирование информационного и математического обеспечения	<p>Состав и содержание документов по информационному обеспечению. Разработка перечней входных и выходных сигналов, сообщений и документов. Состав и содержание документов по математическому обеспечению. Разработка и описание основных алгоритмов измерительной и управляющей подсистем.</p>
5.8.	Автоматизация проектирования систем управления	<p>Основные виды инженерной деятельности при выполнении проектных работ. Необходимость автоматизации проектирования. Особенности человека</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		как субъекта принятия решений. Технические и программные средства автоматизации проектирования. Методы автоматизированного проектирования. Имитационное моделирование. Функциональные и имитационные модели линейных и нелинейных статических и динамических преобразователей.
6.	Диагностика объектов энергетики	
6.1.	Виды, методы и средства диагностики объектов энергетики	Введение. Цель и задачи дисциплины, ее место в формировании знаний и навыков выпускника, освоившего образовательную программу. Краткое содержание разделов. Трудоемкость дисциплины, лабораторные работы. Самостоятельная работа и ее роль в освоении дисциплины. Контрольные мероприятия по дисциплине, балльно-рейтинговая система и зачет. Техническое состояние оборудования энергетики. Виды технических состояний. Диагностические признаки и диагностические модели оборудования энергетики. Виды диагностики объектов энергетики. Техническая и функциональная диагностика объектов энергетики, их место и роль в определении технического состояния оборудования энергетики и организации систем технического обслуживания и ремонтов. Методы неразрушающего контроля. Выбор методов и средств диагностики объектов энергетики. Технологии индустрии 4.0 при диагностировании объектов энергетики и поддержания их в надлежащем техническом состоянии
6.2.	Документационное обеспечение организации диагностики оборудования на предприятиях энергетики	Государственные стандарты в области диагностики оборудования и методов проведения диагностики. Правила организации и проведения диагностики оборудования энергетики с использованием различных средств и методов, включая методы неразрушающего контроля. Типовые программы и методики проведения испытаний. Паспорта на средства и системы диагностирования оборудования. Методические указания и инструкции для проведения испытаний, измерений и диагностики. Методика комплексного определения показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства. Разработка руководящих документов по проведению мероприятий в области технической диагностики

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		оборудования на предприятиях энергетики.
6.3.	Дефекты, отказы и аварии на объектах энергетики	Понятие и виды дефектов, отказов, аварий на объектах энергетики Анализ дефектов, отказов и аварий оборудования энергетики. Диагностические параметры. Прогнозирование технического состояния объектов энергетики. Поиск дефектов. Алгоритмическое и математическое обеспечение поиска дефектов. Прогнозирование отказов объектов энергетики. Разработка плана мероприятий по поддержанию оборудования в надлежащем техническом состоянии.
6.4.	Информационные системы для диагностики оборудования энергетики	Системы инженерных расчетов для создания и проверки эффективности методов решения задач диагностики и прогнозирования технического состояния объектов энергетики. Проектирование информационных систем для мониторинга, диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования энергетики. ЕАМ-системы и их применение при реализации стратегий ремонтов и поддержания оборудования в надлежащем техническом состоянии. CMMS-системы и их применение при организации ремонтов оборудования предприятий энергетики. Системы предиктивной аналитики в энергетике.
7.	Оптимальное управление режимами работы электростанций	
7.1.	Введение. Основные понятия оптимального управления, термины и определения Управление режимами при участии энергоблоков ТЭС в регулировании частоты и мощности	Основные понятия оптимального управления. Энергосистема, электростанции, энергоблоки и их оборудования как объекты управления. Особенности технических систем управления. Понятие декомпозиции системы и задач управления. Автоматические и автоматизированные системы управления Количественные и качественные характеристики электроэнергии в энергосистеме и проблема их обеспечения. Системные услуги, регламент участия электростанций различных типов в этих услугах. Нормированное первичное, автоматическое вторичное регулирование, необходимые условия и возможности энергоблоков различных типов для участия в них. Особенности участия ТЭС и ПГУ в этих услугах.
7.2.	Структура управления энергетикой России	Топливо-энергетический комплекс России. Структурная схема управления энергетическим комплексом. Итоги реструктуризации энергетической отрасли, Основные звенья управления энергетической системой, функции Системного оператора, администратора торговой сети. Структурная схема

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>оперативного управления режимами работы электростанций. Оптово-генерирующие, территориальные генерирующие компании. Проблемы оптимального управления электроэнергетической системой. Рынок электроэнергии и мощности, его сектора и особенности их функционирования. Порядок проведения конкурсного отбора по электроэнергии и мощности Особенности режимов работы конденсационных, теплофикационных, атомных и гидроэлектростанций в энергосистеме. Регламент участия электростанций на различных секторах рынка электроэнергии и мощности. Формирование участия электростанций на рынке «на сутки вперед», балансирующем рынке и на рынке системных услуг. Структурная схема управления оперативным режимом внутри электростанции. Роль и место АСУТП в системе управления режимами работы оборудования и электростанции.</p>
7.3.	<p>Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки</p>	<p>Особенности режимов работы оборудования в условиях рынка электроэнергии и мощности. Основные показатели оборудования по экономичности и надежности при выходе на рынок. Условия формирования и исполнения диспетчерского графика. Работа энергоблоков конденсационного типа на частичных нагрузках, регулировочный диапазон, ограничения технологические, системные. Работа котла, турбины, питательной установки, конденсатора и регенеративной системы энергоблока на частичных нагрузках Выбор оптимальных параметров и режимов работы оборудования на частичных нагрузках. Применение скользящего и комбинированного скользящего регулирования давления пара. Выбор оптимального давления в конденсаторе. Анализ способов получения дополнительной (пиковой) мощности и их сравнительная оценка Временные характеристики выбора состава генерирующего оборудования и оптимального распределения мощности при выходе на оптовый рынок электроэнергии и мощности. Взаимосвязь между составом и оптимальным распределением нагрузки. Энергетические характеристики энергоблоков, методы резервирования мощности при прохождении провалов нагрузок и выбор оптимальной стратегии их использования. Постановка</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		задачи выбора состава генерирующего состава оборудования при однокритериальном (экономический фактор) и многокритериальном (факторы экономичности и надежности). Общие методические подходы и алгоритмы решения. Постановка задачи оптимального распределения текущей нагрузки при заданном составе генерирующего оборудования и методы их решения при однокритериальном и многокритериальном постановках задачи. Особенности решения поставленных задач при обслуживании электростанции нескольких групповых точек поставки электроэнергии.
7.4.	Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация. Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация	Особенности режимов работы для различных типов теплофикационных агрегатов. Тепловой график, выработка электроэнергии и мощности на тепловом потреблении. Энергетические показатели теплофикационных агрегатов при различных режимах работы теплофикационной установки. Выбор оптимальных режимов теплофикационной установки при различных сочетаниях тепловой и электрической нагрузок, возможности получения дополнительной мощности на теплофикационных агрегатах, и их сравнительная эффективность Особенности решения задач выбора состава генерирующего оборудования и оптимального распределения тепловой и электрической нагрузки на ТЭЦ со сложным составом оборудования. Особенности решения поставленных задач при обслуживании электростанции нескольких групповых точек поставки электроэнергии и поставки тепла по нескольким магистралям Особенности конструктивного исполнения парогазовых установок и их влияние на режим работы оборудования установки. Регулировочный диапазон газовой турбины, котла-утилизатора, паровой турбины и ПГУ в целом. Режимы работы оборудования ПГУ на пониженных нагрузках и их оптимизация. Способы расширения регулировочного диапазона ПГУ. Выбор оптимальных режимов для ПГУ по схеме 2ГТ+2КУ+1ПТ.
8.	Технологические защиты котлоагрегатов	
8.1.	Общие положения	Краткая характеристика функций АСУТП. Место и роль ТЗ в АСУТП на примере одной ТЗ. Принципы создания подсистемы ТЗ. Состав и классификация ТЗ.
8.2.	Место и роль ТЗ в АСУТП	Требования к подсистеме ТЗ Нормативные документы по ТЗ

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
8.3.	ТЗ турбоагрегата	Осевое смещение ротора турбоагрегата. Понижение давления в системе смазки. Повышение давления в конденсаторе. Повышение виброскорости корпусов подшипников. Понижение температуры свежего пара перед турбиной. Повышение частоты вращения ротора. Повышение уровня в ПВД. Понижение давления греющего пара в ПВД. Повышение уровня в сетевом подогревателе. Технологические защиты генератора. Действие защит турбоагрегата.
8.4.	ТЗ котлоагрегата	Защиты прямооточного котла. Защита при понижении расхода питательной воды по любому из потоков. Защита при понижении давления в любом из потоков перед задвижкой, встроенной в тракт котла. Защита при повышении давления перед ВЗ. Защиты по повышению давления свежего пара. Защиты барабанного котла. Защиты по уровню в барабане. . Повышение давления свежего пара. Защиты водогрейного котла. Понижение расхода воды через котел. . Понижение давления воды за котлом. . Повышение давления воды за котлом. . Повышение температуры воды за котлом. Защиты котлов, имеющих промежуточный пароперегреватель (блоки с турбинами, имеющими ЦСД). Защиты газоздушного тракта. . Защиты по отключению тягодутьевых механизмов. . Защиты по отключению вентиляторов, участвующих в транспортировке пыли в котёл. . Защита по погасанию общего факела в топке. Защиты, контролирующие факел горелок. Защита при понижении давления газа или мазута перед горелками. . Защиты, снижающие нагрузку котла до 50% . Операции по аварийному останову котла. Операции по снижению нагрузки котла.
9.	Автоматизация энергоблоков АЭС	
9.1.	Энергоблок АЭС как ТОУ, функции и подсистемы АСУ ТП АЭС, работа энергоблока в составе энергосистемы	Понятия технологического объекта управления (ТОУ), алгоритма функционирования и алгоритма управления ТОУ, критерия и цели управления. Особенности энергоблока АЭС, используемого в качестве ТОУ. Влияние обратных связей по температуре теплоносителя и нейтронной мощности, наличию пара в активной зоне реактора. Отравление реактора ксеноном и самарием, влияние остаточного энерговыделения. Требования к надежности, безопасности и экономичности функционирования АЭС. Современный этап развития энергоблоков АЭС в России и мире. Топливо для

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>энергоблоков АЭС. Открытый и замкнутый топливные циклы АЭС. Информационные, управляющие и вспомогательные функции АСУ ТП АЭС. Состав подсистем АСУ ТП АЭС. Функции управляющей вычислительной системы в составе АСУ ТП АЭС. Центральный, блочный и резервный щиты управления АЭС. Требования к ним. Режимы работы энергоблоков АЭС в составе энергосистемы. Состояния реакторных и турбинных установок АЭС. Первичное (общее, нормированное), вторичное и третичное регулирование частоты, участие в нем энергоблоков АЭС. Основные эксплуатационные требования энергоблоков АЭС к отклонениям частоты. Участие энергоблоков АЭС в суточном регулировании нагрузки. Ограничения скорости и количества циклов изменения мощности энергоблоков АЭС.</p>
9.2.	Управляемые и управляющие величины энергоблока	<p>Основные управляемые и управляющие величины энергоблока АЭС – на примере энергоблока с водородным энергетическим реактором (ВВЭР). Характеристики АСУ ТП АЭС. Статическая и динамическая погрешность измерения, точность управления. Критерии качества управления. Характеристики надежности, включая работу аварийных защит АЭС. Эксплуатационные характеристики АСУ ТП АЭС. Математическое описание и динамические характеристики основных элементов ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Динамика теплогидравлических процессов в пароводяных смесях. Расчет динамики ЯЭУ с реакторами ВВЭР. Виды дроссельных регулирующих органов, их характеристики. Регулирование малых расходов. Регулирование подачи насосов изменением числа параллельно включенных насосов и частоты вращения насосов, использованием приводной турбины и гидромолоты. Регулирование уровня в корпусах кипящих реакторов и барабанных парогенераторах энергоблоков с ВВЭР. Регулирование частоты вращения турбогенераторов АЭС и давления пара с помощью редукционных установок.</p>
9.3.	Автоматическое регулирование агрегатов АЭС, программы и схемы регулирования энергоблоков АЭС	<p>Регулирование параметров конденсатно-питательного тракта (давления и уровня в деаэраторах, уровня в конденсаторах турбин и регенеративных подогревателях). Регулирование давления и уровня в компенсаторе давления. Статические программы</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		<p>изменения основных регулируемых параметров энергоблоков АЭС. Регулирование энергоблоков с ВВЭР. Статические программы регулирования с постоянной средней температурой теплоносителя, постоянным давлением пара во втором контуре, компромиссные. Схемы регулирования мощности энергоблоков – каскадные с корректировкой по давлению пара во втором контуре и по средней температуре теплоносителя, а также для работы в базовом режиме. Современный этап и возможности развития схем регулирования энергоблоков с ВВЭР. Регулирование энергоблоков с уран-графитовыми реакторами. Схемы регулирования для работы энергоблока с реактором большой мощности канальным (РБМК) в базовом режиме, а также позволяющая участвовать в статическом регулировании частоты в энергосистеме. Регулирование энергоблоков с корпусными кипящими реактора. Схемы регулирования энергоблоков с реактором ВК-50 и реактором с принудительной циркуляцией. Регулирование энергоблоков с реакторами на быстрых нейтронах (БН). Особенности энергоблоков с реакторами БН, требующие учета при создании систем управления.</p>
9.4.	Обеспечение безопасности АЭС и готовности персонала	<p>Условия удовлетворения АЭС требованиям безопасности. Понятия нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации, пределов безопасной эксплуатации, аварии на АЭС (проектной, максимальной проектной, запроектной, тяжелой, ядерной). Система физических барьеров энергоблока АЭС на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ. Состав уровней системы технических и организационных мер глубоководной защиты АЭС. Целевые факторы безопасности АЭС. Требования безопасности к управлению технологическим оборудованием АЭС, составу систем и средств энергоблока АЭС, функциям блочного и резервного пунктов управления. Принципы безопасности, которым должны удовлетворять управляющие системы безопасности АЭС. Защитные, локализирующие и обеспечивающие системы безопасности. Основные уроки аварий на АЭС. Основные формы работы с персоналом АЭС. Состав мероприятий при подготовке персонала АЭС на</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		должность и поддержании его квалификации. Виды проверок знаний, инструктажей и противоаварийных тренировок персонала АЭС, требования к периодичности их проведения. Средства подготовки персонала АЭС.
10.	Современные возможности автоматизации систем электро-, тепло-, водо снабжения	
10.1.	Современные возможности автоматизации систем электро-, тепло-, водо снабжения и особенности их применения в промышленности	Система электроснабжения предприятия и автоматизация её составляющих. Система теплоснабжения предприятия и автоматизация её составляющих. Функционал системы автоматизации электроснабжения объекта. Функционал системы автоматизации теплоснабжения объекта. Проведение технико-экономического анализа при сравнении нескольких проектных решений. Современные комбинирование схемы автоматизированного тепло- и электроснабжения предприятий с НИВЭ. Smart greed и перспективные возможности по автоматизации
11.	Комбинирование комплексного внедрения современных энергосберегающих технологий и системы энергоменеджмента	
11.1.	Комбинирование комплексного внедрения современных энергосберегающих технологий и системы энергоменеджмента: виды эффектов, расчёт прибыли с применением нейросетевых моделей	Нормативная база энергосбережения. Энергоаудит и энергетическая паспортизация. Этапы проведения энергетического обследования. Автоматические системы учёта и дистанционного мониторинга объемов потребления энергоресурсов. Обследование систем учета энергоресурсов в организации. Цифровизация: умный город, умный квартал, умный дом. Современные энергосберегающие технологии (с возможностью цифровизации). Аудит системы энергетического менеджмента в организации. Энергосервисный контракт и верификация данных в сопоставимых условиях

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Характеристика образовательной технологии

Наименование	Краткая характеристика
Кейс (решение конкретных производственных ситуаций)	Технология основывается на использовании в учебном процессе специально смоделированной или реальной производственной ситуации в целях анализа, выявления проблем, поиска альтернативных решений, принятия оптимального решения проблемы.
Семинар	Форма обучения, при которой предполагается обсуждение тем дисциплины и разбор кейсов-ситуаций применительно к реальным рабочим ситуациям.
Проблемная лекция	Форма обучения, в которой привлечение студентов к активной деятельности осуществляется преподавателем с помощью моделирования проблемных ситуаций.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в Таблице 2 приложения Г.

5.3. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация по программе проводится в форме *итогового аттестационного экзамена*. Характеристика заданий представлена в Таблице 3 приложения Г.

5.4. Независимый контроль качества обучения

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) литература НТБ МЭИ:

1. Аракелян, Э. К. Оптимизация и оптимальное управление : Учебное пособие по курсам "Адаптивные и оптимальные системы управления", "Оптимальное управление режимами работы электростанций" по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" / Э. К. Аракелян, Г. А. Пикина ; Ред. Т. Е. Щедеркина ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 356 с. - ISBN 5-7046-0896-5 .;
2. Аракелян, Э. К. Повышение экономичности и маневренности оборудования тепловых электростанций / Э. К. Аракелян, В. А. Старшинов . – М. : Изд-во МЭИ, 1993 . – 326 с. - ISBN 5-7046-0042-5 : 140.00 .;
3. Дейт, К. Введение в системы баз данных : пер. с англ. / К. Дейт . – 7-е изд. – М. : Вильямс, 2001 . – 1072 с. - ISBN 5-84590-138-3 .;
4. Долбикова, Н. С. Метрология и теплотехнические измерения : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" / Н. С. Долбикова, Л. М. Захарова, А. В. Кузнецова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 292 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2431-8 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11613>;
5. Захарова, Л. М. Теплотехнический контроль и автоматизация технологических процессов ТЭС и АЭС : монография / Л. М. Захарова, В. С. Мухин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 195 с.;
6. Иванова, Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков . – М. : Энергоатомиздат, 1984 . – 232 с.;
7. Киреева, Э. А. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения : Справочные материалы и примеры расчетов / Э. А. Киреева, Юнес Тахсин, М. Айюби . – М. : Энергоатомиздат, 1998 . – 320 с. - ISBN 5-283-01264-6 : 50.00 .;
8. Ключев, А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов : справочное пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский . – М. : Энергия, 1980 . – 512 с.;
9. Мезин, С. В. Разработка АСУ на базе среды программирования CODESYS и SCADA-системы TRACE MODE с организацией передачи данных посредством OPC-сервера. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсам "Проектирование автоматизированных систем", "Системы автоматизации и управления" и др. по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. В. Мезин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 32 с. - ISBN 978-5-7046-1673-3 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=7714>;
10. Плютинский, В. И. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок АЭС : Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов / В. И. Плютинский, В. И. Погорелов . – М. : Энергоатомиздат, 1983 . – 296 с..

б) литература ЭБС и БД:

1. А. С. Шилин- "Перспективные методы проектирования реляционных баз данных", Издательство: "Директ-Медиа", Москва, Берлин, 2021 - (136 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=602240>;

2. Данилов О. Л., Гаряев А. Б., Яковлев И. В., Клименко А. В.- "Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (424 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72344;

3. Малкин В. С.- "Техническая диагностика", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (272 с.)

<https://e.lanbook.com/book/212021>;

4. Н. В. Чернобровов- "Релейная защита", (4-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Энергия", Москва, 1971 - (624 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599593>;

5. Плетнев Г.П.- "Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010839.html>;

6. Ротач В.Я.- "Теория автоматического управления", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014172.html>.

в) используемые ЭБС:

1. Научная электронная библиотека

<https://elibrary.ru/>;

2. Национальная электронная библиотека

<https://rusneb.ru/>;

3. ЭБС Лань

<https://e.lanbook.com/>;

4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red;

5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)

<http://elib.mpei.ru/login.php>.

6.2. Кадровое обеспечение

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложении Е.

6.3. Финансовое обеспечение

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложении Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

6.4. Материально-техническое обеспечение

Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении 3.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

№ п/п	Содержание изменения (актуализации)	Дата утверждения изменений
1	Программа утверждена	23.01.2023

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гужов С.В.
	Идентификатор	Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e

С.В.
Гужов